

Nr 99/2017, 34–47

ISSN 1644-1818

e-ISSN 2451-2486

## WPŁYW TEMPERATURY PRZECHOWYWANIA NA WYBRANE PARAMETRY JAKOŚCI OLEJÓW Z ORZECHÓW

### INFLUENCE OF STORAGE TEMPERATURE ON SELECTED QUALITY CHARACTERISTICS OF NUTS' OIL

**Katarzyna Kłopotek, Aneta Ociecek\*, Agnieszka Pałka**

Akademia Morska w Gdyni, Morska 81-87, 81–225 Gdynia, Wydział Przedsiębiorczości  
i Towaroznawstwa, Katedra Towaroznawstwa i Zarządzania Jakością  
e-mail: a.ociecek@wpit.am.gdynia.pl

\*Adres do korespondencji/Corresponding author

**Streszczenie:** Oleje roślinne tłoczone na zimno należą do najbardziej stabilnych przechowalniczo, jednak również podlegają procesom obniżającym ich jakość podczas przechowywania. Kinetyka tych zmian uzależniona jest od wielu czynników, między innymi od temperatury przechowywania. Ostatnio obserwuje się wzrost podaży oraz urozmaicenie asortymentu olejów roślinnych w nowe, dotąd niewystępujące na polskim rynku produkty. Takimi olejami są na przykład oleje wytwarzane z orzechów. Ze względu na to, że najczęstszą przyczyną pogorszenia jakości olejów są procesy utleniania, przeprowadzono badania procesów utleniania podczas przechowywania trzech olejów z orzechów w temperaturach 4°C i 20°C. Materiał badawczy przechowywano 6 tygodni. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, iż w temperaturze 4°C zmiany zachodziły wolniej, natomiast najbardziej podatny na zmiany oksydacyjne był olej z orzechów włoskich.

**Słowa kluczowe:** olej z orzechów, utlenianie tłuszczów, przechowywanie.

**Abstract:** Vegetable oils cold pressed are among the most stable during storage, but also subjected to the processes of lowering their quality during storage. The kinetics of these changes depend on many factors, including temperature storage. Recently, there is an increase in supply and more diversified range of vegetable oils in new, previously not present on the Polish market products. Such oils are, for example, oils prepared from the nuts. Due to the fact that the most common cause of deterioration of oils is oxidation, studies on oxidation during storage of three nut oils at temperatures 4°C and 20°C were carried out. The research material was stored 6 weeks. The results showed that at 4°C changes occurred more slowly, while the most susceptible to oxidative changes was walnut oil.

**Keywords:** nuts' oil, lipid oxidation, storage.

## 1. WSTĘP

Oleje roślinne należą do grupy ważnych produktów żywnościowych ze względu na wysoką zawartość witamin, gęstość energetyczną oraz obecność niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT) [Maniak i in. 2012]. Proces utleniania stanowi dominującą przyczynę odpowiedzialną za obniżenie jakości tłuszczów. Prowadzi nie tylko do zmiany zapachu i smaku produktu, ale powoduje również obniżenie wartości żywieniowych [Wroniak, Łukasik i Maszewska 2006].

Z punktu widzenia trwałości olejów do najbardziej stabilnych zalicza się oleje roślinne otrzymywane metodą tłoczenia na zimno ze względu na obecność naturalnych przeciwutleniaczy. Na proces utleniania wpływa zawartość związków utleniających oraz czynniki zewnętrzne, tj. dostęp światła, tlenu, rodzaj opakowania oraz temperatura przechowywania [Wroniak i Cenquier 2015].

Olej z orzechów włoskich charakteryzuje się rozpoznawalnym smakiem i lekkim orzechowym aromatem. Do głównych właściwości olejów z orzecha włoskiego zalicza się m.in. działanie przeciwzapalne i antybakteryjne, usprawnianie pracy jelit oraz wspomaganie układu trawiennego. Olej ten charakteryzuje się wysoką zawartością tłuszczów nienasyconych, w tym wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT), do których należą kwasy omega-3 i omega-6. Istnieją doniesienia wskazujące, że regularne jego spożywanie działa wyszczuplająco, ponieważ olej ten posiada właściwości zbliżone do zielonej herbaty. Bipin i Jong-Bang charakteryzują olej z orzecha włoskiego jako łagodny w smaku i zalecany do wykorzystania jako dodatek do żywności przetwarzanej w niskiej temperaturze. Olej ten nie powinien być używany do smażenia ze względu na podatność na utlenianie. Ponadto podczas zastosowania wysokiej temperatury przy obróbce kulinarnej traci on swoje właściwości prozdrowotne, a jego smak staje się gorzki. Olej z orzecha włoskiego znajduje zastosowanie głównie jako dodatek do sosów, sałatek, naleśników oraz zimnych deserów [Bipin i Jong-Bang 2013].

Olej z orzechów makadamia znajduje zastosowanie głównie w kosmetologii, ale jest również naturalnym surowcem spożywczym. Wykorzystywany jest przede wszystkim w postaci surowej jako olej do sałatek oraz idealnie nadaje się do gotowania [www.olej.edu.pl, 30.01.2017]. Olej z orzechów makadamia ma w swoim składzie głównie tłuszcze jednonienasycone. Charakteryzuje się dość wysokim punktem dymienia, co można wykorzystać do krótkotrwałego podsmażania i gotowania, nie powodując utraty wyrazistego smaku i aromatu. Zastosowanie znajduje również jako dodatek na zimno do sosów i sałatek [www.olejmakadamia.pl, 19.01.2017]

Olej z orzechów ziemnych ma łagodny smak i orzechowy zapach. Stosowany jest jako dodatek do potraw na zimno oraz na gorąco [Ostasz 2015]. Posiada wartości zbliżone do oliwy z oliwek. Idealnie nadaje się do smażenia oraz jako dodatek do wielu łagodnych potraw, nadając im orzechowy posmak i aromat. Olej arachidowy spożywany w odpowiednich ilościach wpływa korzystnie na stan zdrowia, ponieważ

cechuje go wysoki poziom przeciwutleniających polifenoli, które umożliwiają neutralizację szkodliwego działania wolnych rodników [www.odzywianie.info.pl, 19.01.2017].

## 2. CEL PRACY

Celem pracy była ocena wpływu temperatury przechowywania, podczas typowego użytkowania, na wybrane parametry jakości olejów pozyskanych z orzechów włoskich, makadamia i ziemnych metodą tłoczenia na zimno.

## 3. MATERIAŁ BADAWCZY I METODY BADAŃ

Przedmiotem badań były trzy rodzaje olejów wytłoczonych z orzechów (W-olej z orzechów włoskich (*Juglans regia* L.), Z-olej z orzechów ziemnych (*Arachis hypogaea* L.) oraz M-olej z orzechów makadamia (*Macadamia*) różnych producentów, zakupione w handlu detalicznym w jednym z hipermarketów w Gdyni. Wszystkie badane oleje pozyskane zostały metodą tłoczenia na zimno.

Pierwszy wariant doświadczenia obejmował przechowywanie materiału badawczego w warunkach chłodniczych, które zapewniały ograniczony dostęp światła oraz stałą temperaturę (4°C). Drugi wariant dotyczył przechowywania olejów w szafce laboratoryjnej, które zapewniało ograniczony dostęp światła oraz stałą temperaturę (20°C). Przyjęty model badawczy służył weryfikacji założenia o istnieniu przesłanek do przechowywania olejów wytłoczonych z orzechów w warunkach chłodniczych w czasie ich użytkowania. Uzyskane wyniki służyć miały nie tylko celowi poznawczemu, ale także aplikacyjnemu.

Oba warianty obejmowały przechowywanie tłuszczów roślinnych w oryginalnym materiale opakowaniowym, wykonanym ze szkła transparentnego, o pojemności 250 ml.

Czas przechowywania wynosił 6 tygodni. Należy wziąć pod uwagę fakt, że oleje z orzechów tłoczone na zimno, cechując się stosunkowo wysoką ceną oraz krótkim terminem przydatności do spożycia, są przykładem towaru dedykowanego świadomemu i wymagającemu konsumentowi, który zdaje sobie sprawę zarówno z walorów tego produktu, jak i jego ograniczeń. Oleje tego typu celowo sprzedawane są zazwyczaj w małych opakowaniach jednostkowych, aby ich zużycie nastąpiło w krótkim czasie, nie obniżając jakości prozdrowotnej i sensorycznej. Przed rozpoczęciem przechowywania określono początkową jakość olejów tuż po otwarciu, oznaczając liczbę kwasową (LK), liczbę nadtlenkową (LOO) oraz test tiobarbiturowy (TBA). W trakcie przechowywania olejów systematycznie w odstępach dwutygodniowym wykonywano oznaczenie LK, LOO oraz testu TBA na olejach

uprzednio otwartych i przechowywanych w warunkach temperatury chłodniczej i pokojowej.

Liczba kwasowa oznaczona została zgodnie z normą PN-EN ISO 660:2010 – *Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości*. Liczba nadtlenkowa oznaczona została zgodnie z normą PN-EN ISO 3960:2012 – *Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej. Jodometryczne (wizualne) oznaczanie punktu końcowego*. Test TBA wykonano poprzez kolorymetryczne oznaczenie związków powstających w reakcji między kwasem 2-tiobarbiturowym a produktami utleniania tłuszczu, po ogrzaniu w środowisku kwaśnym [Krełowska-Kułas 1993].

Oznaczenia wykonywano każdorazowo w pięciu powtórzeniach. Przedstawione wyniki stanowią średnią arytmetyczną z tych powtórzeń. Analizę statystyczną istotności różnic wykonano z zastosowaniem analizy wariancji ANOVA i testu NIR oraz porównania wartości współczynników regresji funkcji liniowej, a graficzną interpretację wyników wykonano z zastosowaniem programu Excel.

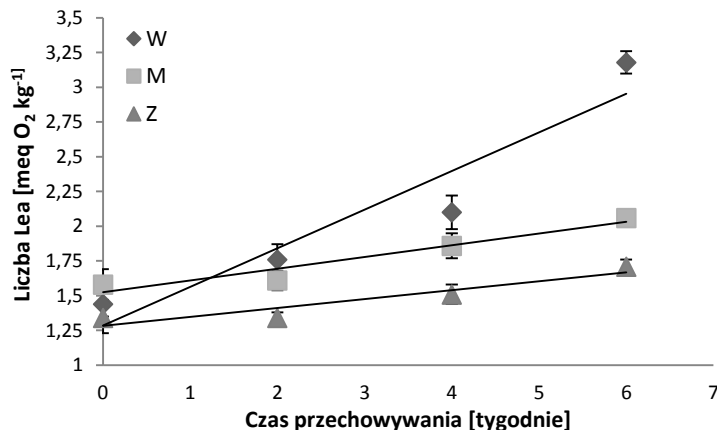
#### 4. WYNIKI I ICH DYSKUSJA

Tłuszcze roślinne należą do produktów wrażliwych na proces utleniania, ponieważ zawierają w swoim składzie znaczne ilości jedno- i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, szczególnie podatnych na przemiany o charakterze oksydacyjnym. Zakres i dynamika tych przemian uwarunkowana jest jednak nie tylko składem, ale zależy również od warunków przechowywania, do których zalicza się dostęp światła i tlenu, rodzaj opakowania oraz temperatura [Cichosz i Czeczot 2011].

W badaniach [Wroniak i Cenkiem 2015] liczba nadtlenkowa oleju z orzecha włoskiego wynosiła 2,7 meq  $O_2 \cdot kg^{-1}$ . Z kolei olej z orzechów ziemnych charakteryzował się wartością 1,29 meq  $O_2 \cdot kg^{-1}$ . Według Wroniak i Łukasik [Wroniak i Łukasik 2007] liczba nadtlenkowa dla oleju z orzechów ziemnych wynosiła 7,0 meq  $O_2 \cdot kg^{-1}$ . Według Kruszewskiego [Kruszewski i in. 2013] liczba nadtlenkowa dla oleju z orzechów makadamia kształtowała się na poziomie 1,28 meq  $O_2 \cdot kg^{-1}$ . Zakres porównanych wartości świadczy o różnym stopniu utlenienia badanych olejów, co wskazuje na zróżnicowaną jakość początkową badanych próbek.

Wartość liczby nadtlenkowej w badanych olejach tuż po ich zakupie, określająca jakość początkową materiału badawczego, wynosiła 1,44 meq  $O_2 \cdot kg^{-1}$  dla oleju z orzechów włoskich, 1,58 meq  $O_2 \cdot kg^{-1}$  dla oleju z orzechów makadamia, natomiast wartość LOO dla oleju z orzechów ziemnych wynosiła 1,34 meq  $O_2 \cdot kg^{-1}$ . Statystyczna ocena różnic między średnimi początkowymi wartościami LOO wykazała istnienie statystycznie istotnej ( $\alpha = 0,05$ ) różnicy jedynie pomiędzy olejem z orzechów makadamia i olejem z orzechów ziemnych (NIR = 0,1418;  $t_{obl.m/z} = 0,2400$ ).

Zmiany wartości liczby nadtlenkowej oraz dynamika tych zmian w olejach przechowywanych w warunkach chłodniczych i pokojowych zostały przedstawione na wykresie 1 i 2 (rys. 1 i 2) oraz w tabeli 1.



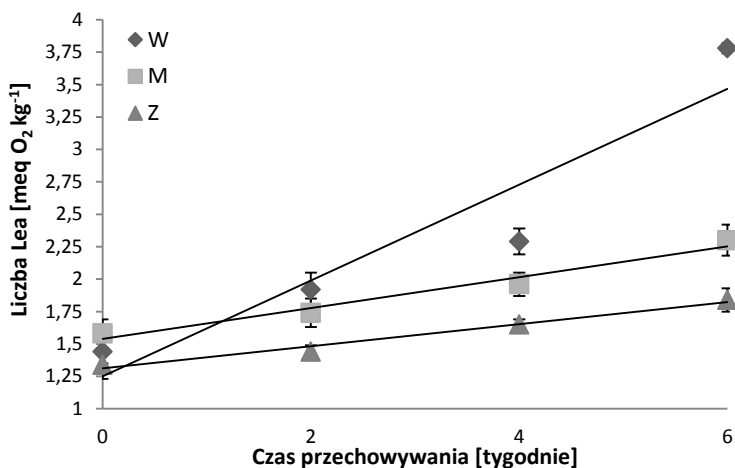
**Rys. 1.** Zmiany liczby nadtlenkowej olejów przechowywanych w temperaturze 4°C (W – olej z orzechów włoskich, M – olej z orzechów makadamia, Z – olej z orzechów ziemnych)

**Fig. 1.** Changes of peroxide value of oils stored at 4°C (W – walnut oil, M – macadamia nut oil, Z – peanut oil)

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Z danych przedstawionych na wykresie 1 wynika, że zawartość pierwotnych produktów utlenienia, określona na podstawie liczby nadtlenkowej, wzrastała systematycznie do szóstego tygodnia przechowywania dla wszystkich badanych rodzajów olejów z wyjątkiem oleju z orzechów włoskich. Po upływie czterech tygodni przechowywania nastąpił gwałtowny wzrost wartości liczby nadtlenkowej, wynoszący 3,78 meq O<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup> dla oleju z orzechów włoskich. Badania te potwierdzają tezę, że olej z orzechów włoskich nie jest produktem stabilnym oksydacyjnie i łatwiej ulega utlenianiu niż dwa pozostałe rodzaje olejów poddanych badaniu.

Czynnikami wpływającymi na dynamikę zmian oksydacyjnych olejów są między innymi: budowa chemiczna kwasów tłuszczowych, liczba i miejsce wiązań nienasyconych oraz obecność substancji o działaniu pro- i przeciwutleniającym [Kruszewski i in. 2013]. Orzechy włoskie charakteryzują się najniższą wartością stosunku kwasów tłuszczowych nasyconych do nienasyconych (jedno- i wielonienasyconych), który wynosi ok. 0,11. W przypadku oleju z orzechów makadamia stosunek ten kształtuje się na poziomie 0,20, a oleju z orzechów ziemnych – 0,28 [Biernat i in. 2014].



**Rys. 2.** Zmiany liczby nadtlenkowej olejów przechowywanych w temperaturze 20°C (W – olej z orzechów włoskich, M – olej z orzechów makadamia, Z – olej z orzechów ziemnych)

**Fig. 2.** Changes of peroxide value of oil stored at 20°C (W –walnut oil, M – macadamia nut oil, Z – peanut oil)

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

**Tabela 1.** Parametry funkcji regresji liniowej oraz wartości współczynnika determinacji opisujące zmiany liczby nadtlenkowej podczas przechowywania olejów

**Table 1.** The function parameters of the linear regression and the factor of determination describing changes of peroxide value during storage of oils

Parametry	Olej z orzechów włoskich (W)	Olej z orzechów makadamia (M)	Olej z orzechów ziemnych (Z)
	Temperatura 4°C		
Funkcja regresji	$y = 0,556x + 0,73$	$y = 0,169x + 1,355$	$y = 0,128x + 1,155$
Dopasowanie funkcji regresji do danych empirycznych (R <sup>2</sup> )	0,9007	0,9293	0,8818
Temperatura 20°C			
Funkcja regresji	$y = 0,739x + 0,51$	$y = 0,238x + 1,3$	$y = 0,171x + 1,14$
Dopasowanie funkcji regresji do danych empirycznych (R <sup>2</sup> )	0,892	0,9716	0,9807

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Analizując wartości parametrów funkcji regresji prostoliniowej, przedstawione w tabeli 1, określono, że najwyższą dynamiką wzrostu liczby nadtlenkowej badanych olejów roślinnych przechowywanych w chłodziarce charakteryzował się olej z orzechów włoskich (0,556), najniższą zaś – olej z orzechów ziemnych (0,128).

Uzyskany rozkład wyników korelował z wartością stosunku kwasów tłuszczowych nasyconych do nienasyconych. Zmiany wartości liczby nadtlenkowej olejów przechowywanych w warunkach pokojowych zachodziły podobnie jak podczas przechowywania w warunkach chłodniczych, ale z nieznacznie wyższą dynamiką.

Parametrem różnicującym oba warianty doświadczenia była temperatura przechowywania.

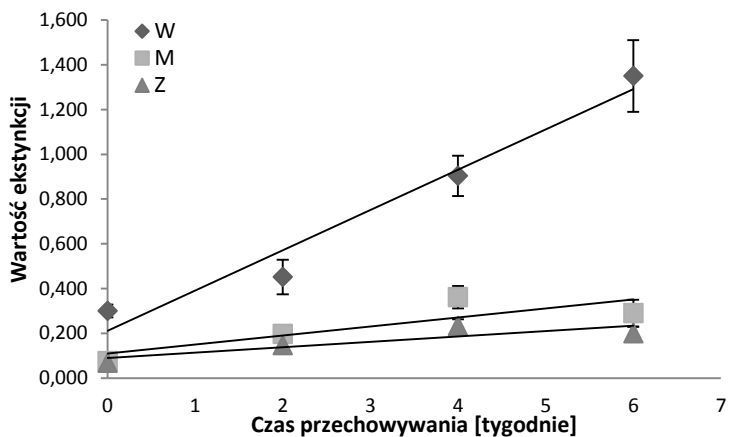
Oleje przechowywane w temperaturze 4°C charakteryzowały się niższymi wartościami liczby nadtlenkowej niż oleje przechowywane w temperaturze 20°C. Podkreślić jednak należy, że w obu przypadkach wartości LOO kształtowały się na poziomie zdecydowanie poniżej dopuszczalnego w *Codex Alimentarius* dla olejów tłoczonych na zimno – 15 meq O<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup> [CODEX STAN, 2011].

Na podstawie danych zamieszczonych w tabeli 1, dotyczących wartości parametrów równania regresji, określono, że najwyższą dynamiką wzrostu liczby nadtlenkowej charakteryzował się również olej z orzechów włoskich (0,739), najniższą z kolei – olej z orzechów ziemnych (0,171).

Innym wskaźnikiem oksydacyjnego zepsucia tłuszczu jest wynik testu tiobarbiturowego. Utlenianie kwasów tłuszczowych prowadzi do powstania aldehydu malonowego, który podgrzany do wrzenia kondensuje z kwasem 2-tiobarbiturowym, tworząc zabarwiony na czerwono związek. Intensywność zabarwienia tego związku jest proporcjonalna do stopnia zepsucia tłuszczu [Palich 2006].

Uzyskane wartości ekstynkcji przedstawiono na wykresach 3 i 4 (rys. 3 i 4) odpowiednio dla chłodniczych i pokojowych warunków przechowywania. Natomiast dynamika tych zmian przyjęła postać funkcji regresji liniowej zestawionych w tabeli 2.

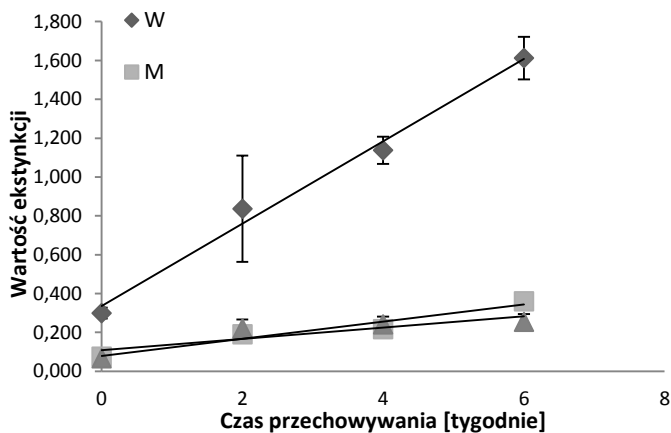
Statystyczna ocena różnic między średnimi początkowymi wartościami testu TBA wykazała istnienie statystycznie istotnej ( $\alpha = 0,05$ ) różnicy pomiędzy olejem z orzechów włoskich i olejem z orzechów makadamia (NIR = 0,0258;  $t_{obl.w/m} = 0,2256$ ) oraz pomiędzy olejem z orzechów włoskich i olejem z orzechów ziemnych (NIR = 0,0258;  $t_{obl.m/z} = 0,2320$ ).



**Rys. 3.** Zmiany wartości testu tiobarbiturowego olejów przechowywanych w temperaturze 4°C (W – olej z orzechów włoskich, M – olej z orzechów makadamia, Z – olej z orzechów ziemnych)

**Fig. 3.** Changes of the value of the thiobarbituric test oils stored at 4°C (W – walnut oil, M – macadamia nut oil, Z – peanut oil)

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.



**Rys. 4.** Zmiany wartości testu tiobarbiturowego olejów przechowywanych w temperaturze 20°C (W – olej z orzechów włoskich, M – olej z orzechów makadamia, Z – olej z orzechów ziemnych)

**Fig. 4.** Changes of the value of the thiobarbituric test oils stored at 20°C (W – walnut oil, M – macadamia nut oil, Z – peanut oil)

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.



**Tabela 2.** Parametry funkcji regresji liniowej oraz wartości współczynnika determinacji opisujące zmiany testu tiobarbiturowego podczas przechowywania olejów**Table 2.** The function parameters of the linear regression and the factor of determination describing changes thiobarbituric test during storage oils

Parametry	Olej z orzechów włoskich (W)	Olej z orzechów makadamia (M)	Olej z orzechów ziemnych (Z)
	Temperatura 4°C		
Funkcja regresji	$y = 0,3602x - 0,149$	$y = 0,0809x + 0,0285$	$y = 0,0482x + 0,0415$
Dopasowanie funkcji regresji do danych empirycznych ( $R^2$ )	0,9611	0,7134	0,7472
Parametry	Temperatura 20°C		
	Funkcja regresji	$y = 0,4237x - 0,0875$	$y = 0,0886x - 0,0105$
Dopasowanie funkcji regresji do danych empirycznych ( $R^2$ )	0,9897	0,9461	0,7492

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Analizując dane przedstawione na wykresach 3 i 4 oraz w tabeli 2, stwierdzić można, że stężenie aldehydu malonowego, wyrażające się poprzez pomiar wartości ekstynkcji, osiągało najwyższe wartości w oleju z orzechów włoskich niezależnie od temperatury przechowywania badanego materiału. Wartości te wzrastały w czasie przechowywania. Po upływie sześciu tygodni przechowywania w temperaturze 4°C wartości ekstynkcji wynosiły odpowiednio: 1,350 dla oleju z orzechów włoskich, 0,290 dla oleju z orzechów makadamia oraz 0,200 dla oleju z orzechów ziemnych. Z kolei w temperaturze 20°C wartości te wynosiły odpowiednio: 1,612 dla oleju z orzecha włoskiego, 0,361 dla oleju z orzechów makadamia oraz 0,255 dla oleju z orzechów ziemnych. Stwierdzić zatem można, że przechowywanie olejów w lodówce wpłynęło na obniżenie dynamiki utleniania kwasów tłuszczowych, które prowadzi do wzrostu stężenia aldehydu malonowego w badanych tłuszczach roślinnych. Na podstawie wyników przedstawionych w tabeli 2 stwierdzono, że najbardziej dynamicznym wzrostem wartości ekstynkcji cechował się olej uzyskany z orzechów włoskich (odpowiednio: 0,3602 i 0,4237), niezależnie od zastosowanych warunków jego przechowywania.

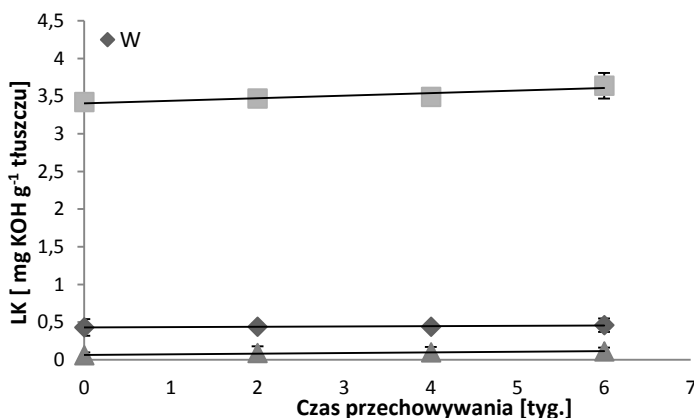
Kolejne badanie obejmowało określenie początkowej liczby kwasowej oraz badanie dynamiki zmian tej liczby pod wpływem zróżnicowanej temperatury przechowywania. W czasie przechowywania w tłuszczach powstają także pochodne kwasów tłuszczowych, takie jak wolne kwasy tłuszczowe, di- i monoacyloglicerole, dimery i polimery kwasów tłuszczowych. Rozkład hydrolityczny tłuszczów roślinnych powinien przebiegać z mniejszą dynamiką niż proces utleniania ze względu na niską zawartość wody. Obecność wody w produktach jest czynnikiem warunkującym zepsucie hydrolityczne tłuszczu. Jednocześnie podkreślić należy,

że zmiany hydrolityczne w olejach tłoczonych na zimno mogą być stymulowane obecnością enzymów. Stopień hydrolizy takich olejów uwarunkowany jest jakością użytego surowca (stopień uszkodzenia, wilgotność) oraz przebiegiem procesu technologicznego szczególnie w zakresie jego pozyskania i oczyszczania [Wrótniak, Kwiatkowska i Krygier 2006].

Oznaczenie liczby kwasowej w badanych olejach tuż po zakupie materiału badawczego wykazało: 0,43 mg KOH g<sup>-1</sup> dla oleju z orzechów włoskich, 3,42 mg KOH g<sup>-1</sup> dla oleju z orzechów makadamia, natomiast wartość LK dla oleju z orzechów ziemnych wynosiła 0,06 mg KOH g<sup>-1</sup>. Statystyczna ocena różnic między średnimi początkowymi wartościami LK wykazała, że pomiędzy wszystkimi badanymi olejami istniała statystycznie istotna ( $\alpha = 0,05$ ) różnica w zaawansowaniu rozkładu hydrolitycznego ( $NIR = 0,0189$ ;  $t_{obl.w/m} = 2,9862$   $t_{obl.w/z} = 0,3754$ ;  $t_{obl.m/z} = 3,3616$ ).

W badaniach [Wrótniak i Cenker 2015] liczba kwasowa oleju z orzecha włoskiego wynosiła 3,35 mg KOH g<sup>-1</sup>. Z kolei olej z orzechów ziemnych charakteryzował się wartością 0,55 mg KOH g<sup>-1</sup>. W badaniach [Wrótniak i Łukasik 2007] liczba kwasowa oleju z orzechów ziemnych wynosiła 2,5 mg KOH g<sup>-1</sup>. Natomiast Kruszewski [Kruszewski i in. 2013] określił wartość liczby kwasowej oleju z orzechów makadamia na poziomie 1,05 mg KOH g<sup>-1</sup>.

Szeroki zakres zmienności liczby kwasowej może być związany ze zróżnicowanym poziomem jakości użytego do produkcji olejów surowca oraz z nieodpowiednimi warunkami przechowywania badanych tłuszczów roślinnych w czasie ich dystrybucji.

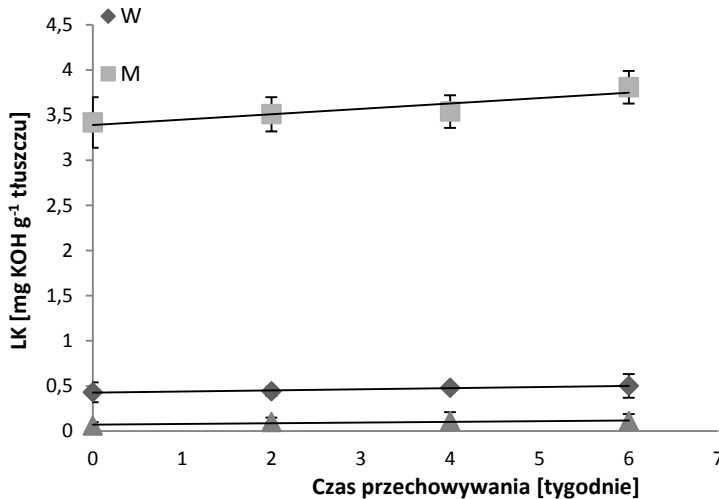


**Rys. 5.** Zmiany liczby kwasowej olejów przechowywanych w temperaturze 4°C (W – olej z orzechów włoskich, M – olej z orzechów makadamia, Z – olej z orzechów ziemnych)

**Fig. 5.** Changes of acid value of oils stored at 4°C (W – walnut oil, M – macadamia nut oil, Z – peanut oil)

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Zróznicowanie oraz zmiany wartości liczby kwasowej dla poszczególnych próbek olejów przedstawiono na wykresie 5 (rys. 5) dla olejów przechowywanych w temperaturze 4°C oraz na wykresie 6 (rys. 6) dla olejów przechowywanych w temperaturze 20°C.



**Rys. 6.** Zmiany liczby kwasowej olejów przechowywanych w temperaturze 20°C (W – olej z orzechów włoskich, M – olej z orzechów makadamia, Z – olej z orzechów ziemnych)

**Fig. 6.** Changes of acid value of oils stored at 20°C (W – walnut oil, M – macadamia nut oil, Z – peanut oil)

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

W tabeli 3 przedstawiono odpowiednio parametry funkcji regresji liniowej wraz z wartością współczynnika determinacji dla olejów przechowywanych w warunkach chłodniczych oraz w warunkach pokojowych.

W czasie przechowywania olejów w temperaturze 4°C stopień hydrolizy badanych olejów charakteryzował się niewielkim wzrostem. W przypadku przechowywania olejów rafinowanych liczba kwasowa powinna utrzymywać się na stałym poziomie, natomiast w przypadku olejów nierafinowanych może rosnać [Wroniak i Cenkier 2015].

W olejach przechowywanych w temperaturze 20°C wraz z upływem czasu przechowywania wartość LK systematycznie wzrastała.

**Tabela 3.** Parametry funkcji regresji liniowej oraz wartości współczynnika determinacji opisujące zmiany liczby kwasowej olejów podczas przechowywania

**Table 3.** Parameters of the regression line and the factor of determination that describe changes of acid value during storage of oils

Parametry	Olej z orzechów włoskich (W)	Olej z orzechów makadamia (M)	Olej z orzechów ziemnych (Z)
	Temperatura 4°C		
Funkcja regresji	$y = 0,016x + 0,05$	$y = 0,068x + 3,335$	$y = 0,009x + 0,42$
Dopasowanie funkcji regresji do danych empirycznych ( $R^2$ )	0,9143	0,8595	0,8526
Parametry	Temperatura 20°C		
	Funkcja regresji	$y = 0,025x + 0,4$	$y = 0,12x + 3,27$
Dopasowanie funkcji regresji do danych empirycznych ( $R^2$ )	0,9542	0,8511	0,7529

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań.

Olej z orzechów makadamia charakteryzował się najwyższą wartością LK (3,81 mg KOH g<sup>-1</sup>). Zgodnie z zapisami zawartymi w *Codex Alimentarius* [CODEX STAN 2011] wartość liczby kwasowej dla olejów roślinnych tłoczonych na zimno nie powinna przekraczać 4 mg KOH g<sup>-1</sup>. Uwzględniając powyższe, stwierdzić można, że oleje poddane ocenie stabilności przechowalniczej w zróżnicowanych warunkach spełniały minimalne wymagania w zakresie jakości.

## 5. WNIOSKI

1. Przechowywanie olejów roślinnych w podwyższonej temperaturze powoduje wzrost kinetyki zmian wartości takich parametrów jakości, jak: liczba nadtlenkowa, wartość testu TBA oraz liczba kwasowa, co świadczy o postępującym ich zepsuciu.
2. Przechowywanie olejów roślinnych w warunkach chłodniczych powodowało ograniczenie dynamiki niekorzystnych zmian w porównaniu do przechowywania w temperaturze 20°C, co świadczy o racjonalności przechowywania olejów w warunkach chłodniczych.
3. Utlenianie jest główną przyczyną obniżania jakości olejów roślinnych podczas ich przechowywania, co znalazło potwierdzenie w wysokich wartościach dynamiki zmian liczby nadtlenkowej oraz wartości testu tiobarbiturowego.
4. Porównując zmiany wartości liczby nadtlenkowej oraz ekstynkcji, można stwierdzić, że najbardziej podatny na proces utleniania okazał się olej z orzechów włoskich.

5. Zarówno tuż po otwarciu opakowania jednostkowego, jak i po upływie 6-tygodniowego okresu przechowywania w temperaturze chłodniczej i pokojowej wartości liczby kwasowej oraz nadtlenkowej nie przekroczyły dopuszczalnej granicy określonej w *Codex Alimentarius*.
6. Najbardziej dynamiczny wzrost zmian o charakterze oksydacyjnym stwierdzono w oleju o największej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (olej z orzechów włoskich).

## LITERATURA

- Biernat, J., Drzewicka, M., Łoźna, K., Hyla, J., Bronkowska, M., Grajęta, H., 2014, *Skład kwasów tłuszczowych orzechów i nasion dostępnych aktualnie w handlu w kontekście prozdrowotnych zaleceń żywieniowych*, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, t. XLVII, nr 2, s. 121–129.
- Bipin, V., Jong-Bang, E., 2013, *Effect of Roasting on Oxidative and Tocopherol Stability of Walnut Oil During Storage in the Dark*, European Journal of Lipid Science and Technology, no. 115, s. 348–355.
- Cichosz, G., Czeczot, H., 2011, *Stabilność oksydacyjna tłuszczów jadalnych – konsekwencje zdrowotne*, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, t. XLIV, nr 1, s. 50–60.
- CODEX STAN 210-1999, 2011, *Codex Standard for Named Vegetable Oil*, Codex Alimentarius, Amend-ment 2005.
- Krelowska-Kułas, M., 1993, *Badanie jakości produktów spożywczych*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Kruszewski, B., Fąfara, P., Ratusz K., Obiedziński, M., 2013, *Ocena pojemności przeciwutleniającej i stabilności oksydacyjnej wybranych olejów roślinnych*, Zeszyty Problemowe Nauk Rolniczych, SGGW, Warszawa, nr 572, s. 43–52.
- Maniak, B., Zdybel, B., Bogdanowicz, M., Wójcik, J., 2012, *Ocena wybranych właściwości fizykochemicznych tradycyjnych olejów roślinnych produkowanych na ziemi lubelskiej*, Inżynieria Rolnicza, nr 3(138), s. 101–110.
- Ostasz, L., 2015, *Wpływ ogrzewania mikrofalowego na zmiany w składzie kwasów tłuszczowych w olejach arachidowym i arganowym*, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, nr 88, s. 126–131.
- Palich, P. (red.), 2006, *Podstawy technologii i przechowywania żywności. Ćwiczenia*, Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia.
- PN-EN ISO 660:2010, *Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości*.
- PN-EN ISO 3960:2012, *Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej. Jodometryczne (wizualne) oznaczanie punktu końcowego*.
- Wroniak, M., Cenker, J., 2015, *Porównanie cech sensorycznych, fizyko-chemicznych i stabilności oksydacyjnej wybranych olejów tłoczonych na zimno*, Zeszyty Problemowe Nauk Rolniczych, SGGW, Warszawa, nr 581, s. 123–133.
- Wroniak, M., Kwiatkowska, M., Krygier, K., 2006, *Charakterystyka wybranych olejów tłoczonych na zimno*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, nr 2(47), s. 46–58.
- Wroniak, M., Łukasik, D., 2007, *Ocena stabilności oksydacyjnej wybranych olejów spożywczych tłoczonych na zimno*, Rośliny Oleiste, t. XXVIII, z. 2, s. 303–316.

Wroniak, M., Łukasik, D., Maszewska, M., 2006, *Porównanie stabilności oksydacyjnej wybranych olejów tłoczonych na zimno z olejami rafinowanymi*, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, nr 1(46), s. 214–221.

[www.odzywianie.info.pl/przydatne-informacje/artykuly/art,orzeczy-makadamia-kalorie-wartosci-odzywcze-i-ciekawostki.html](http://www.odzywianie.info.pl/przydatne-informacje/artykuly/art,orzeczy-makadamia-kalorie-wartosci-odzywcze-i-ciekawostki.html), [dostęp: 19.01.2017].

[www.olej.edu.pl/olej-arachidowy/olej-arachidowy](http://www.olej.edu.pl/olej-arachidowy/olej-arachidowy), [dostęp: 30.01.2017].

[www.olejmakadamia.pl](http://www.olejmakadamia.pl), [dostęp: 19.01.2017].